

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002303435 A**

(43) Date of publication of application: 18.10.02

(51) Int. Cl.

**F24F 6/04
B01D 53/22
B01D 63/02
// H01M 8/04
H01M 8/10**

(21) Application number: 2001101814

(22) Date of filing: 30.03.01

(71) Applicant: HONDA MOTOR CO LTD

(72) Inventor: KATAGIRI TOSHIKATSU
SUZUKI MIKIHIRO
SHIMANUKI HIROSHI
KUSANO YOSHIO

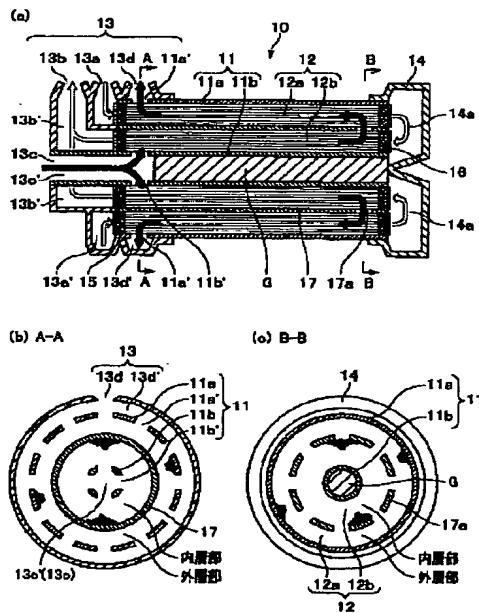
(54) HUMIDIFYING MODULE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To remove the heat radiation loss of a humidifying film module.

SOLUTION: In the humidifying module 10 which is equipped with a bundle 12 of hollow fiber membranes made by bundling and storing hollow fiber films capable of exchanging moisture between dry air and humid air respectively contacting with inside and outside thereof and fixing both ends of its one end and the other end by fixing parts 15 and 16, and inlets 13a and 13c and outlets 13b and 13d for each of the fluid for performing moisture exchange, the bundle 12 of the hollow fiber membranes are partitioned into a first section 12a and a second section 12b in sectional view in its longitudinal direction, and also the second head cover 14 equipped with a turn part 14a is provided to turned and circulate dry air and damp air.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-303435
(P2002-303435A)

(43)公開日 平成14年10月18日(2002.10.18)

(51)Int.Cl.⁷
F 24 F 6/04
B 01 D 53/22
63/02
// H 01 M 8/04

識別記号

F I
F 24 F 6/04
B 01 D 53/22
63/02
H 01 M 8/04

テマコード*(参考)
3 L 055
4 D 006
5 H 026
K 5 H 027
N

審査請求 未請求 請求項の数 5 OL (全 15 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-101814(P2001-101814)

(22)出願日 平成13年3月30日(2001.3.30)

(71)出願人 000005326
本田技研工業株式会社
東京都港区南青山二丁目1番1号

(72)発明者 片桐 敏勝
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内
(72)発明者 鈴木 幹浩
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(74)代理人 100064414
弁理士 磯野 道造

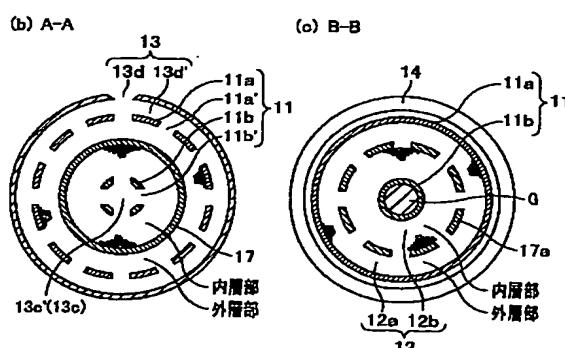
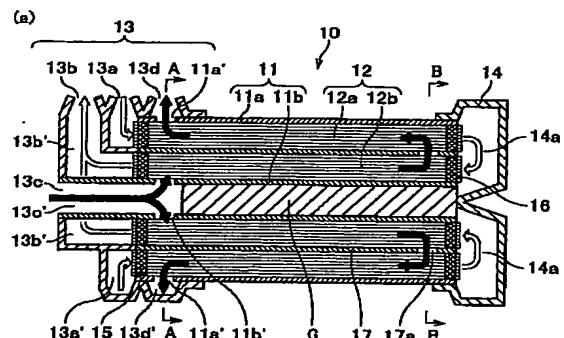
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 加湿モジュール

(57)【要約】

【課題】 加湿膜モジュールの放熱ロスなどをなくす
る。

【解決手段】 内側と外側とにそれぞれ接する乾燥空気
と湿潤空気間で水分交換を行うことが可能な中空糸膜を
束ねてハウジング11に収容し、その一端側と他端側の
両端を固定部15, 16により固定した中空糸膜束12と、
水分交換を行う流体のそれぞれの入口13a, 13c及び出口
13b, 13dを備えた加湿モジュール10において、中空糸膜束
12をその長さ方向に断面視して第1の部分12aと第2の部分
12bに仕切ると共に、折返し部14aを備える第2ヘッドカバー
14により、乾燥空気と湿潤空気を折り返して通流するようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】内側と外側とにそれぞれ接する流体間で水分交換を行うことが可能な中空糸膜を束ねてハウジングに収容し、その一端側と他端側の両端を固定部により固定した中空糸膜束と、前記水分交換を行う流体のそれぞれの入口及び出口を備えた加湿モジュールにおいて、前記中空糸膜束をその長さ方向に断面視して少なくとも第1の部分と第2の部分に仕切り、かつその一方の端部で前記中空糸膜の外側を通流する流体の前記第1の部分から第2の部分への通流又は前記第2の部分から第1の部分への通流を許容する仕切材と、

前記中空糸膜の外側を通流する流体を前記仕切材により前記ハウジングの内側で折り返して通流させるように配された該流体の入口及び出口を備えること、を特徴とする加湿膜モジュール。

【請求項2】前記中空糸膜束をその長さ方向に断面視して少なくとも第1の中空糸膜束と第2の中空糸膜束に区画するように配され、前記第1の中空糸膜束を構成する中空糸膜の内側に流体を流入させる入口及び前記第2の中空糸膜束を構成する中空糸膜の内側から流体を流出させる出口と、

前記一端側又は他端側の少なくとも一方の固定部の外側に設けられ、前記第1の中空糸膜を構成する中空糸膜の内側から流出した流体を当該部分で折り返し、前記第2の中空糸膜を構成する中空糸膜の内側に流入させる折返し部を備えること、を特徴とする請求項1に記載の加湿膜モジュール。

【請求項3】前記中空糸膜の内側を通流する流体を前記加湿モジュールの一端側又は他端側から流入させてその逆側から流出させる第1の入口及び第1の出口と、前記第1の入口及び第1の出口から独立し、前記中空糸膜の内側を通流する流体を前記加湿膜モジュールの一端側又は他端側から流入させてその逆側から流出させる第2の入口及び第2の出口を少なくとも備えること、を特徴とする請求項1に記載の加湿膜モジュール。

【請求項4】前記仕切材が筒状仕切材であり、該筒状仕切材により前記中空糸膜束がその厚み方向に少なくとも内層と外層に分離されていること、を特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の加湿膜モジュール。

【請求項5】前記内層の少なくとも一方の端部を中空形状とし、この中空形状の内層の中空内側に前記中空糸膜の外側を通流する流体の入口又は出口を設けたこと、を特徴とする請求項4に記載の加湿膜モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、中空糸膜を用いて気体間の水分交換を行う加湿膜モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、電気自動車の動力源などとして注

目されている燃料電池（固体高分子型燃料電池）においては、燃料電池から排出されたオフガス（湿潤空気）の水分をコンプレッサなどにより取り込んだ空気（乾燥空気）に水分交換して加湿空気（加湿気体）を発生する加湿装置が用いられる。このような燃料電池に用いられる加湿装置としては、電力消費量が少ないものが好適である。また、取り付けスペースが小さい、いわばコンパクト性が求められる。そのため、加湿装置としては超音波加湿、スチーム加湿、気化式加湿、ノズル噴射などの種類があるものの、燃料電池に用いられる加湿装置としては、水透過膜、殊に中空糸膜を用いたものが好適に利用される。

【0003】従来の中空糸膜を用いた加湿装置（加湿膜モジュール）として、例えば特開平7-71795号公報や特開平8-273687号公報に開示されたものがある。前者の公報に記載された加湿装置について、図9を用いて説明する。加湿装置100は、ハウジング101を有している。ハウジング101には、乾燥空気を流入する第1の入口102及び乾燥空気（加湿済み）を流出する第1の出口103が形成されており、ハウジング101の内部に多数、例えば5000本の中空糸膜からなる中空糸膜束104が収納されている。また、ハウジング101の両端部には、中空糸膜束104の両端部を開口状態で固定する固定部105, 105'が設けられている。固定部105の外側には、湿潤空気を導入する第2の入口106が形成されており、固定部105'の外側には、中空糸膜束104によって水分を分離・除去された湿潤空気を流出する第2の出口107が形成されている。さらに、固定部105, 105'はそれぞれ第30のヘッドカバー108及び第2のヘッドカバー109によって覆われている。なお、第2の入口106は第1のヘッドカバー108に形成されており、第2の出口107は第2のヘッドカバー109に形成されている。

【0004】このように構成された中空糸膜を用いた加湿装置100において、第2の入口106から湿潤空気を供給して中空糸膜束104を構成する各中空糸膜内を通過させると、湿潤空気中の水分は、中空糸膜の毛管凝縮現象によって分離され、中空糸膜の毛管内を透過して、中空糸膜の外側に移動する。水分を分離させられた

40 湿潤空気は、第2の出口107から流出される。一方、第1の入口102からは乾燥空気が流入される。第1の入口102から流入された乾燥空気は、中空糸膜束104を構成する中空糸膜の外側を通流する。中空糸膜の外側には、湿潤空気から分離させられた水分が移動しており、この水分によって乾燥空気が加湿される。そして、加湿された乾燥空気は第1の出口103から流出されるというものである。

【0005】ところで、加湿膜モジュール（加湿装置100）は、加湿量を確保するため、図10に示すように複数本束ねられ、直列や並列に接続されて使用されるケ

ースが多い。なお、図10において、符号110は、加湿膜モジュール100を束ねるヘッドである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の技術においては、性能確保のために加湿膜モジュールが長くなり、規定のエリアに収納することが困難になるという問題がある。また、複数の加湿膜モジュールを束ねるヘッドの部分は、放熱による熱ロスやガス分配性の低下による加湿性能低下を招くという問題がある。ちなみに、放熱により加湿膜モジュール内を通流する流体の温度が下がると、流体の飽和水蒸気量が小さくなるので加湿効率が低下する。また、複数の加湿膜モジュールを束ねると、全体の表面積が大きくなるので、放熱による熱ロスが問題になる。一方、加湿膜モジュールを太くすると偏流が生じ易くなり、加湿効率が低下する。また、複数のガス（流体）を加湿したいような場合、例えば燃料電池における空気と水素を加湿したい場合、必然的に加湿膜モジュールの本数を増やすなければならないという問題がある。そこで、本発明は、かかる課題を解決することを主たる目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記課題に鑑み本発明者は鋭意研究を行い、加湿膜モジュール内を通流する流体を折り返して（ターンして）通流させることにより、課題が解決されることを見出し、本発明を完成させるに至った。即ち、前記課題を解決した本発明は、（1）内側と外側とにそれぞれ接する流体間で水分交換を行うことが可能な中空糸膜を束ねてハウジングに収容し、その一端側と他端側の両端を固定部により固定した中空糸膜束と、（2）前記水分交換を行う流体のそれぞれの入口及び出口とを備えた加湿モジュールにおいて、（3）前記中空糸膜束をその長さ方向に断面視して少なくとも第1の部分と第2の部分に仕切り、かつその一方の端部で前記中空糸膜の外側を通流する流体の前記第1の部分から第2の部分への通流又は前記第2の部分から第1の部分への通流を許容する仕切材と、（4）前記中空糸膜の外側を通流する流体を前記仕切材により前記ハウジングの内側で折り返して通流させるように配された該流体の入口及び出口を備えることを特徴とする。

【0008】仕切材は、中空糸膜束を仕切って、中空糸膜の外側を通流する流体が仕切材を超えて混合しないようしている。その一方で、仕切材の一方の端部（端部近傍を含む範囲）では、流体の通流が許容される。中空糸膜の外側を通流する流体は、この仕切材と入口・出口により、ハウジング内を折り返すように通流する。このように折り返して流体を通流すると、中空糸膜の外側を通流する流体にかかる部分については、中空糸膜の長さを長くしたのと同様の作用を確実に得ることができる。また、流体を折り返して通流することにより、加湿膜モジュールとしての表面積が少なくなるので（中空糸膜の全表面積は同じでも）、放熱を少なくすることができます。

全表面積は同じでも）、放熱を少なくすることができる。なお、仕切材により仕切られるので、偏流が低減又は防止される。ここで、請求項1の用語「中空糸膜束をその長さ方向に断面視して」とは、後記する発明の実施の形態で参照する図2（b）のようにして中空糸膜束を断面視することである。この点について次の請求項2の用語も同じである。

【0009】また、本発明は（請求項2）は、請求項1の構成において、（1）前記中空糸膜束をその長さ方向

10 に断面視して少なくとも第1の中空糸膜束と第2の中空糸膜束に区画するように配され、前記第1の中空糸膜束を構成する中空糸膜の内側に流体を流入させる入口及び前記第2の中空糸膜束を構成する中空糸膜の内側から流体を流出させる出口と、（2）前記一端側又は他端側の少なくとも一方の固定部の外側に設けられ、前記第1の中空糸膜を構成する中空糸膜の内側から流出した流体を当該部分で折り返し、前記第2の中空糸膜を構成する中空糸膜の内側に流入させる折返し部を備えることを特徴とする。

20 【0010】この構成では、中空糸膜の内側を通流する流体は、入口から第1の中空糸膜束を構成する中空糸膜の内側を通流し、折返し部で折り返して第2の中空糸膜束を構成する中空糸膜の内側を通流し、出口から流れる。このように折り返して通流すると、中空糸膜の内側を通流する流体にかかる部分については、中空糸膜の長さを長くしたのと同様の作用を確実に得ることができます。また、流体を折り返して通流することにより、加湿膜モジュールとしての表面積が少なくなるので（中空糸膜の全表面積は同じでも）、放熱を少なくすることができます。ちなみに、請求項1の「第1の部分」を構成する中空糸膜の全てが請求項2の「第1の中空糸膜束（又は第2の中空糸膜束）」の全てを構成するとは限らない。例えば、「第1の中空糸膜束（又は第2の中空糸膜束）」が「第1の部分」の一部と「第2の部分」の一部により構成されることもある。つまり、請求項1は、中空糸膜の外側を通流する流体の流れを規制するものであり、この請求項2は、中空糸膜の内側を通流する流体の流れを規制するものである。

【0011】また、本発明（請求項3）は、請求項1の構成において、（1）前記中空糸膜の内側を通流する流体を前記加湿モジュールの一端側又は他端側から流入させてその逆側から流出させる第1の入口及び第1の出口と、（2）前記第1の入口及び第1の出口から独立し、前記中空糸膜の内側を通流する流体を前記加湿膜モジュールの一端側又は他端側から流入させてその逆側から流出させる第2の入口及び第2の出口を少なくとも備えることを特徴とする。

【0012】この構成では、中空糸膜の内側を通流する流体は折り返されないでそのまま中空糸膜から流れる。但し、第1の入口から流入した流体は、第1の出口

から流出する。第2の入口から流入した流体は、第2の出口から流出する。このため、中空糸膜の内側に少なくとも2種類の流体を、両者が混合することなく通流して流出させることができる。

【0013】また、本発明（請求項4）は、請求項1ないし請求項3の構成において、前記仕切材が筒状仕切材であり、該筒状仕切材により前記中空糸膜束がその厚み方向に少なくとも内層と外層に分離されていることを特徴とする。

【0014】この構成によれば、一例として、後記する発明の実施の形態のように、同心円状に中空糸膜束が仕切られる。

【0015】また、本発明（請求項5）は、請求項4の構成において、前記内層の少なくとも一方の端部を中空形状とし、この中空形状の内層の中空内側に前記中空糸膜の外側を通流する流体の入口又は出口を設けたことを特徴とする。

【0016】中空糸膜の内側を通流する流体は、ポッティング部などと呼ばれる端部から、中空糸膜の内側に流入／流出される。一方、中空糸膜の外側を通流する流体は、ハウジングの外側から流入／流出されるが、この構成では、少なくとも一方の端部が中空形状になった内層の中空内側に、中空糸膜の外側を通流する流体の入口又は出口が設けられる（後記する発明の実施の形態〔第1実施形態及び第3実施形態〕では内層の全長に亘って中空形状になっている）。従って、中空糸膜の内側を通流する流体を折り返すようにする入口及び出口のレイアウトを、自由に設計することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、加湿膜モジュールの実施形態（第1実施形態～第4実施形態）を、図面を参照して詳細に説明する。

【0018】《第1実施形態》第1実施形態の加湿膜モジュールを説明する。図1は、第1実施形態の加湿膜モジュールの斜視図である。図2は、第1実施形態の加湿膜モジュールの（a）が側断面図であり、（b）が（a）のA-A線矢視図であり、（c）が（a）のB-B線矢視図である。

【0019】第1実施形態の加湿膜モジュール10は、中空糸膜の内側に乾燥空気を通流させる一方で、中空糸膜の外側に湿潤空気を通流させる。そして、湿潤空気の水分を、中空糸膜を介して乾燥空気の側に移動し、乾燥空気を加湿する。また、乾燥空気は、加湿膜モジュール10の内側で折り返して通流するよう構成される。さらに、加湿空気も、加湿膜モジュール10（ハウジング11）の内側で折り返して通流するよう構成される。

【0020】このため、図1及び図2に示すように、第1実施形態の加湿膜モジュール10は、ハウジング11、中空糸膜束12、第1ヘッドカバー13、第2ヘッドカバー14、第1ポッティング部15、第2ポッティ

ング部16、筒状仕切材17などにより構成される。

【0021】ハウジング11は、両端が開放された中空円筒形状の外側ハウジング11aの内側に、同じく両端が開放された中空円筒形状の内側ハウジング11bが挿入された2重円筒構造をしている。外側ハウジング11aと内側ハウジング11bの間（ハウジング11の中）には、多数の中空糸膜を束ねた中空糸膜束12が挿入されている。また、外側ハウジング11aの一端側近傍には、ハウジング11の中から加湿に使用された湿潤ガスを流出させる穴11a'が周方向に適宜間隔を置いて複数個設けられている。一方、内側ハウジング11bの一端側近傍には、ハウジング11の中に湿潤空気を流入する穴11b'が周方向に適宜間隔を置いて複数個設けられている。つまり、ハウジング11の一端側（図2（a）において左側）にのみ湿潤空気の出入口（穴11a'、穴11b'）が設けられ、ハウジング11の他端側には湿潤空気の出入口は設けられない。このため、湿潤空気はハウジング11の中で折り返されることになる。なお、ハウジング11の中に流入された湿潤空気は、中空糸膜同士の間などの中空糸膜の外側を通流する。ちなみに、ハウジング11（外側ハウジング11a、内側ハウジング11b）は、金属材料や繊維強化プラスチック（FRP）など、気密性を有する材料から構成される。

【0022】中空糸膜束12は、後記する筒状仕切材17により、外層中空糸膜束12aと内層中空糸膜束12bに仕切られている（内層中空糸膜束12bは内側ハウジング11bによりその全長に亘って中空形状をしている）。また、中空糸膜束12は、その両端をポッティング部（第1ポッティング部15、第2ポッティング部16）により固定されている。ポッティング部15、16の外側には、各中空糸膜の中空通路部分が露出しており、ここから各中空糸膜の内側に乾燥空気が流入（供給）されるようになっている。なお、ハウジング11の中における中空糸膜の充填率は、例えば40～70%程度になっており、中空糸膜同士の間に空間を確保し、中空糸膜の外側を湿潤空気が通流できるようにしている。

【0023】第1ヘッドカバー13は、第1ポッティング部15の全体及び外側ハウジング11aの一端側近傍（穴11a'）を覆うように装着されるカバーである。また、第1ヘッドカバー13は、乾燥空気を中空糸膜束12（外層中空糸膜束12a）を構成する中空糸膜の内側に流入するための仕切られた乾燥空気入口13a、加湿空気が中空糸膜束22（内層中空糸膜束12b）から流出するための仕切られた加湿空気出口13bを有する。さらに、第1ヘッドカバー13は、内層中空糸膜束12bのさらに内側からハウジング11の中に湿潤空気を供給するための湿潤空気入口13cを有する（湿潤空気は内層中空糸膜束12bの中空糸膜間を通流する）。また、第1ヘッドカバー13は、外層中空糸膜束12a

の中空糸膜間を通流した湿潤空気を流出する湿潤空気出口 13 d を有する。なお、符号 13 a' は、乾燥空気入口 13 a からの乾燥空気を各中空糸膜の内側に分配するための分配通路である。また、符号 13 b' は、中空糸膜の内側から流出した加湿空気を集合して加湿空気出口に導く集合通路である。また、符号 13 c' は、湿潤空気入口 13 c からの湿潤空気を内側ハウジング 11 b の一端近傍に設けられた穴 11 b' に導く中通し配管である。また、符号 13 d' は、外側ハウジング 11 a の一端側近傍に設けられた穴 11 a' から流出した湿潤空気を集合して湿潤空気出口 13 d に導く集合通路である。また、符号 G は、中通し配管 13 c' と後記する折返し部 14 a とが連通するのを阻止する軽量な充填材である。ちなみに、各出入口 13 a, 13 b, 13 c, 13 d 及び各通路 13 a', 13 b', 13 c', 13 d' は、それぞれの流体（空気）が混合しないような構造になっている。

【0024】第2ヘッドカバー 14 は、第2ポッティング部 16 の全体を覆うように、ハウジング 11 の他端側に装着されるカバーである。第2ヘッドカバー 14 は、その内部の空間（折返し部 14 a）により、外層中空糸膜束 12 a を構成する中空糸膜の内側から流出した乾燥空気を折り返して、内層中空糸膜束 12 b を構成する中空糸膜の内側に流入する役割を有する。なお、第2ヘッドカバー 14 の折返し部 14 a に突出した部分は、乾燥空気の分配を良くするためのものであるが、これをなくする構成でもよい。

【0025】第1ポッティング部 15 及び第2ポッティング部 16 は、中空糸膜をハウジング 11 に固定する役割を有する。各ポッティング部 15, 16 の外側（中空糸膜束 12 から離間する方向）には、前記したように中空糸膜の内側通路が露出している。このため、中空糸膜の内側を通流する乾燥空気は、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気と混合することがない。ちなみに、ポッティング部 15, 16 は、ハウジング 11 に所定数の中空糸膜を挿通し、ハウジング 11 の両端面近傍の中空糸膜をハウジング 11 と共に接着剤で充分接着固定した後、ハウジング 11 の両端に沿って中空糸膜を切断除去することにより作成される。

【0026】筒状仕切材 17 は、両端が開放された中空円筒形状をしている。筒状仕切材 17 の一端側は、第1ポッティング部 15 に密着して固定されている。また、筒状仕切材 17 の他端側は、第2ポッティング部 16 に密着して固定されている。その一方で、筒状仕切材 17 の他端側の近傍には、通流部 17 a が設けられている。従って、内層中空糸膜束 12 b の中空糸膜の外側を通流した湿潤空気は外層中空糸膜束 12 a に導かれる。ちなみに、以下の説明において、筒状仕切材 17 の内側を「内層部」、筒状仕切材 17 の外側を「外層部」とよぶ。内層部及び外層部は、特許請求の範囲における「第

1 の部分」及び「第2の部分」に相当する。なお、図 2 に示すように、本実施形態では、通流部 17 a が複数の穴により構成されるものとしたが、筒状仕切材 17 の長さを短くして、他端側が第2ポッティング部 16 に密着しないようにすることで通流部（17 a）が構成されるものとしてもよい。

【0027】次に、この第1実施形態の加湿膜モジュール 10 の動作を、図 1～図 3 を参照して説明する。図 3 は、加湿膜モジュールが適用される燃料電池システムの概略構成を示す図である。なお、図 3 の符号 FC は酸素と空気を供給されて発電する燃料電池であり、符号 E は水素を循環するエジェクタである。その他の符号は、図 1 及び図 2 と同じである。

【0028】図 3 の空気供給系において、図示しない空気コンプレッサ（スーパーチャージャ）により外気から取り込まれて圧送される空気（乾燥空気）は、加湿膜モジュール 10 の第1ヘッドカバー 13 に設けられた乾燥空気入口 13 a に供給される。乾燥空気は、ここから分配通路 13 a' を通流し、外層中空糸膜束 12 a（往路）の中空糸膜の内側に流入する。中空糸膜の内側では、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気により乾燥空気が加湿される。乾燥空気は、やがて第2ヘッドカバー 14 の折返し部 14 a に到達し、中空糸膜の外側に流出する。閉ざされた空間である折返し部 14 a では、乾燥空気は出口を求めて内層中空糸膜 12 b（復路）の中空糸膜の内側に流入する。中空糸膜の内側では、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気によりさらに乾燥空気が加湿される。

そして、乾燥空気は、加湿空気として中空糸膜の内側から流出し、第1ヘッドカバー 13 の集合通路 13 b' に 30 より集められ、加湿空気出口 13 b を通じて加湿膜モジュール 10 から流出する。加湿空気は、適宜温調などされて、燃料電池 FC のカソード極側入口に供給される。

【0029】燃料電池 FC のカソード極側に供給された加湿空気には酸素が含まれているが、酸素は、水素供給系から燃料電池 FC のアノード極側に供給された水素と電気化学的に反応する。これにより水が生成する。同時に発電が行われる。生成した水（生成水）は、空気と一緒に伴され湿潤空気となり、燃料電池 FC から排出される。なお、発電された電力は、モータなどの負荷に供給される。

【0030】燃料電池 FC から排出された湿潤空気は、加湿膜モジュール 10 の第1ヘッドカバー 13 に設けられた湿潤空気入口 13 c に供給される。湿潤空気は、ここから中通し配管 13 c' を通流し、内側ハウジング 11 b の穴 11 b' からハウジング 11 の内層部に流入する（往路）。ハウジング 11 の内層部では、湿潤空気は、内層中空糸膜束 12 b の中空糸膜の間を通流する。この間、湿潤空気は中空糸膜の内側を通流する乾燥空気を加湿する。湿潤空気は、ハウジング 11 の他端側に達すると、筒状仕切材 17 の通流部 17 a を介して、内層

部から外層部に通流する（復路）。外層部では、湿潤空気は、外層中空糸膜束12aの中空糸膜の間を通流する。この間、湿潤空気は、中空糸膜の内側を通流する乾燥空気をさらに加湿する。そして、湿潤空気は、外側ハウジング11aの穴11a'からハウジング11の外に流出し、第1ヘッドカバー13の集合通路13d'により集められ、湿潤空気出口13dから加湿膜モジュール10を流出する。流出した湿潤空気は大気中に放散される。

【0031】ところで、この第1実施形態の加湿膜モジュール10は、乾燥空気及び湿潤空気が加湿膜モジュール10の中で（ハウジング11の中で）折り返して通流されるため、加湿膜モジュール10の長さを短縮することができる。このため、狭い場所にも加湿膜モジュール10を設置することができる。また、折り返して通流する分、加湿膜モジュール10としての表面積を小さくすることができる。このため、従来問題となっていた放熱による熱ロスを解消することができる（加湿効率も向上する）。ちなみに、ハウジング11の長さを半分（1/2）にしても、ハウジング11の直径を1.414倍（√2倍）にすれば、長さを半分にした中空糸膜ではあるが本数を倍収容することができる。つまり、長さを半分にしても、直径を1.414倍すれば収容される中空糸膜の総表面積は同じになる。もちろん、ハウジング11（加湿膜モジュール10）としての表面積は、ハウジング11の長さを半分にして直径を1.414倍にする方が小さくなるのは、簡単な計算からわかる。

【0032】また、ハウジング11の中は、筒状仕切材17により、湿潤空気の流路（中空糸膜束12）が仕切られている。このため、ハウジング11の直径を太くしても、換言すると、ハウジング内に収容される中空糸膜の数を増やしても、偏流が生じ難い。また、加湿効率を低下させるデッドスペースも少なくすることができます。なお、偏流は、例えば中空糸膜の配置に疎密がある場合に、配置が疎な部分は流体が流れ易く、配置が密な部分は流体が流れ難いという現象である。また、デッドスペースは、流体の流れが淀んでいる部分である。図11にデッドスペースが生じ易い部分を模式的に示す。図11は、中空糸膜の外側におけるデッドスペースが出来やすい部分を模式的に示した側断面図であり、（a）は本願実施形態例、（b）は従来例である。この模式図からも分かるように、本願実施形態は、従来例に比べて破線で示すデッドスペースが少ないことが理解できる。これは、中空糸膜の外側の総表面積が同じでも、流路断面積が従来例に比べて小さいからである。この分偏流も少なくすることができる。なお、図11において、黒く塗りつぶした太い矢印は、中空糸膜の外側を通流する流体の流れを示す。ちなみに、本願実施例の場合は、中空糸膜の内側を通流する流体の分配も、従来例に比べて良好に行うことができる。これは、流体の入口／出口の断面積

が従来例に比べて小さいからである。

【0033】また、ハウジング11の直径を太くしても偏流が生じ難いので、従来のように複数の加湿膜モジュール（図9の加湿装置100）を複数接続する必要があるような場合でも、太い1本の加湿膜モジュール10で、加湿を行うことができるようになる。すると、従来必要だったヘッド110（図10参照）が不要になるので、ヘッド110からの放熱による熱ロスを解消することができる。もちろん、複数の加湿膜モジュール100を1本の加湿膜モジュール10に纏めるので、加湿膜モジュール10としての表面積を小さくすることができる。このため、放熱による熱ロスを低減することができる。また、従来のような複数の加湿膜モジュール100をヘッド110で束ねる場合に問題となる、ヘッド110によるガス分配性の低下がない（ヘッド110が不要であるから）。また、筒状仕切材17によれば、中空糸膜束12の仕切り（区画）を容易に行うことができる。

【0034】このように、第1実施形態の加湿膜モジュール10は、種々の優れた効果を有する。

【0035】《第2実施形態》次に、第2実施形態の加湿膜モジュールを説明する。図4は、第2実施形態の加湿膜モジュールの（a）が側断面図であり、（b）が（a）のA-A矢視図であり、（c）がB-B矢視図である。

【0036】第2実施形態の加湿膜モジュール20は、中空糸膜の内側に乾燥空気を通流させる一方で、中空糸膜の外側に湿潤空気を通流させる。そして、湿潤空気の水分を、中空糸膜を介して乾燥空気の側に移動し、乾燥空気を加湿する。また、乾燥空気は、加湿膜モジュール20の内側で折り返して通流するように構成される。さらに、湿潤空気も、加湿膜モジュール20（ハウジング21）の内側で折り返して通流するように構成される。

【0037】このため、図4に示すように、第2実施形態の加湿膜モジュール20は、ハウジング21、中空糸膜束22、第1ヘッドカバー23、第2ヘッドカバー24、第1ポッティング部25、第2ポッティング部26、筒状仕切材27などにより構成される。なお、後記するように筒状仕切材27は、内側ハウジング21bを兼ねる構成を有する（内側ハウジング21が筒状仕切材21bを兼ねる）。

【0038】ハウジング21は、両端が開放された中空円筒形状の外側ハウジング21aの内側に、同じく両端が開放された中空円筒形状の内側ハウジング21bが挿入された2重円筒構造をしている。但し、図4（a）に示すように、内側ハウジング21bの長さが長く、外側ハウジング21aに対して突出している（図面の左側に向けて突出）。そして、この突出した部分から、内側ハウジング21bの内側（内層部）に湿潤空気を流入できるようになっている。なお、この内側ハウジング21bは、後記する仕切材27を兼ねるものである（仕切材2

7が内側ハウジング21bを兼ねる)。外側ハウジング21aの内側及び内側ハウジング21bの内側(ハウジング21の中)には、多数の中空糸膜を束ねた中空糸膜束22が挿入されている。また、外側ハウジング21aの一端側近傍には、ハウジング21の中から加湿に使用された湿潤ガスを流出させる穴21a'が周方向に適宜間隔を置いて複数個設けられている。一方、外側ハウジング21aに対して突出した内側ハウジング21bの一端側近傍には、ハウジング21の中に湿潤空気を流入する穴21b'が周方向に適宜間隔を置いて複数個設けられている。つまり、ハウジング21の一端側(図4(a)において左側)にのみ湿潤空気の出入口(穴21a', 穴21b')が設けられ、ハウジング21の他端側には湿潤空気の出入口は設けられない。このため、湿潤空気はハウジング21の中で折り返されることになる。なお、ハウジング21の中に流入された湿潤空気は、中空糸膜同士の間などの中空糸膜の外側を通流する。ちなみに、ハウジング21(外側ハウジング21a, 内側ハウジング21b)は、金属材料や繊維強化プラスチック(FRP)など、気密性を有する材料から構成される。

【0039】中空糸膜束22は、内側ハウジング21a(筒状仕切材27)により、外層中空糸膜束22aと内層中空糸膜束22bとに仕切られている。また、中空糸膜束22は、その両端をポッティング部(第1ポッティング部25、第2ポッティング部26)により固定されている。ポッティング部25, 26の外側には、各中空糸膜の中空通路部分が露出しており、ここから各中空糸膜の内側に乾燥空気が流入(供給)されるようになっている。なお、内側ハウジング21bが外側ハウジング21aから突出していることから、第1ポッティング部25は、外側ポッティング部25aと内側ポッティング部25bに分かれている。なお、ハウジング21の中における中空糸膜の充填率は、例えば40~70%程度になっており、中空糸膜同士の間に空間を確保し、中空糸膜の外側を湿潤空気が通流できるようにしている。

【0040】第1ヘッドカバー23は、第1ポッティング部25(25a, 25b)の全体及び外側ハウジング21aの一端側近傍(穴21a')を覆うように装着されるカバーである。また、第1ヘッドカバー23は、乾燥空気を中空糸膜束22(外層中空糸膜束22a)の中空糸膜の内側に流入するための仕切られた乾燥空気入口23a、加湿空気が中空糸膜束22(内層中空糸膜束22b)から流出するための仕切られた加湿空気出口23bを有する。さらに、第1ヘッドカバー23は、内側ハウジング21b(仕切材27)の中に湿潤空気を供給するための湿潤空気入口23cを有する(湿潤空気は内層中空糸膜束22bの中空糸膜間を通流する)。また、第1ヘッドカバー23は、外層中空糸膜束22aの中空糸膜間を通流した湿潤空気を流出する湿潤空気出口23d

を有する。なお、符号23a'は、乾燥空気入口23aからの乾燥空気を各中空糸膜の内側に分配するための分配通路である。また、符号23b'は、中空糸膜の内側から流出した加湿空気を集合して加湿空気出口に導く集合通路である。また、符号23c'は、湿潤空気入口23cからの湿潤空気を内側ハウジング21bの一端側近傍に設けられた穴21b'に導く分配通路である。また、符号23d'は、外側ハウジング21aの一端側近傍に設けられた穴21a'から流出した湿潤空気を集合して湿潤空気出口23dに導く集合通路である。ちなみに、各出入口23a, 23b, 23c, 23d及び各通路23a', 23b', 23c', 23d'は、それぞれの流体(空気)が混合しないような構造になっている。

【0041】第2ヘッドカバー24は、第2ポッティング部26の全体を覆うように、ハウジング21の他端側に装着されるカバーである。第2ヘッドカバー24は、その内部の空間(折返し部24a)により、外層中空糸膜束22aを構成する中空糸膜の内側から流出した乾燥空気を折り返して、内層中空糸膜束22bを構成する中空糸膜の内側に流入する役割を有する。

【0042】第1ポッティング部25及び第2ポッティング部26は、中空糸膜をハウジング21(外側ハウジング21a、内側ハウジング21b)に固定する役割を有する。各ポッティング部25, 26の外側(中空糸膜束22から離間する方向)には、前記したように中空糸膜の内側通路が露出している。このため、中空糸膜の内側を通流する乾燥空気は、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気と混合することがない。

【0043】筒状仕切材27は、内側ハウジング21bを兼ねる(内側ハウジング21bが筒状仕切材27を兼ねる)。筒状仕切材27の他端側(第2ヘッドカバー24側)は、第2ポッティング部26に密着して固定されている。その一方で、筒状仕切材27の他端側の近傍には、通流部27aが設けられている。従って、内層中空糸膜束22bの中空糸膜の外側を通流した湿潤空気は外層中空糸膜束22aに導かれる。

【0044】次に、この第2実施形態の加湿膜モジュール20の動作を、図3及び図4を参照して説明する。

【0045】図3の空気供給系において、図示しない空気コンプレッサにより外気から取り込まれて圧送される空気(乾燥空気)は、加湿膜モジュール20の第1ヘッドカバー23に設けられた乾燥空気入口23aに供給される。乾燥空気は、ここから分配通路23a'を通流し、外層中空糸膜束22a(往路)の中空糸膜の内側に流入する。中空糸膜の内側では、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気により乾燥空気が加湿される。乾燥空気は、やがて第2ヘッドカバー24の折返し部24aに到達し、中空糸膜の外側に流出する。閉ざされた空間である折返し部24aでは、乾燥空気は出口を求めて内層中空糸膜22b(復路)の中空糸膜の内側に流入する。中

空糸膜の内側では、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気によりさらに乾燥空気が加湿される。そして、乾燥空気は、加湿空気として中空糸膜の内側から流出し、第1ヘッドカバー23の集合通路23b'により集められ、加湿空気出口23bから加湿膜モジュール20を流出する。加湿空気は、適宜温調などされて、燃料電池FCのカソード極側入口に供給される。

【0046】一方、燃料電池FCのカソード極から排出された湿潤空気空気は、加湿膜モジュール20の第1ヘッドカバー23に設けられた湿潤空気入口23cに供給される。湿潤空気は、ここから分配通路23c'を通じ、内側ハウジング21bの穴21b'からハウジング21の内層部に流入する（往路）。ハウジング21の内層部では、湿潤空気は、内層中空糸膜束22bの中空糸膜の間を通流する。この間、湿潤空気は乾燥空気を加湿する。湿潤空気は、ハウジング21の他端側に達すると、筒状仕切材27（内側ハウジング21b）の通流部27aを介して、内層部から外層部に通流する（復路）。外層部では、湿潤空気は、外層中空糸膜束22aの中空糸膜の間を通流する。この間、湿潤空気は、中空糸膜の内側を通流する乾燥空気をさらに加湿する（加湿空気は水分が分離される）。そして、湿潤空気は、外側ハウジング21aの穴21a'からハウジング21の外に流出し、第1ヘッドカバー23の集合通路23d'により集められ、湿潤空気出口23dから加湿膜モジュール20を流出する。流出した湿潤空気は大気中に放散される。

【0047】ところで、この第2実施形態の加湿膜モジュール20も、第1実施形態の加湿膜モジュール10と同様に、乾燥空気及び湿潤空気が折り返して通流されるなど、その特徴を同一とする。従って、第1実施形態の加湿膜モジュール10と同様の優れた作用効果を有する。なお、第1実施形態の加湿膜モジュール10の中空糸膜束12は、内側ハウジング11bにより全長に亘って中空形状（断面ドーナツ形状）をしている。一方、第2実施形態の加湿膜モジュール20は、かかる内側ハウジングがなく、中空糸膜束22の中心部分にも中空糸膜を配することができる。このため、第2実施形態の加湿膜モジュール20は、直径を小さくすることが可能になる。

【0048】《第3実施形態》第3実施形態の加湿膜モジュールを説明する。図5は、第3実施形態の加湿膜モジュールの（a）が側断面図であり、（b）が（a）のA-A線矢視図であり、（c）が（a）のB-B線矢視図である。

【0049】第3実施形態の加湿膜モジュール30は、第1実施形態の加湿膜モジュール10（図2など参照）と基本構成を同一にしているが、以下の点で加湿膜モジュール10と構成を異にする（以下、異なる点を説明する）。つまり、第3実施形態の加湿膜モジュール30

は、中空糸膜の内側に異なる2種類の乾燥気体（この第3実施形態では乾燥空気と水素）を、それぞれ混合しないように、かつ折り返すことなく通流させて抜き出す。その一方で、中空糸膜の外側に单一種類の湿潤空気を通流させて抜き出す。そして、湿潤空気の水分を、中空糸膜を介して2種類の乾燥気体の側にそれぞれ移動し、乾燥空気及び水素を加湿する。なお、湿潤空気は、加湿膜モジュール30（ハウジング31）の内側で折り返して通流するように構成される（この点は第1実施形態と同じである）。

【0050】このため、図5に示すように、第3実施形態の加湿膜モジュール30は、第2ヘッドカバー34に水素用の第1の乾燥気体出口34aを有し、符号33aの第1の乾燥気体入口（第1ヘッドカバー33に設けられている）から流入して外層中空糸膜束32aを通流した水素は、他の気体と混合することなく加湿される。なお、符号34a'は集合通路であり、外層中空糸膜束32aから出した水素（加湿済み）を集合して、第1の乾燥気体出口34aに導く。ちなみに、外層中空糸膜束32aを構成する中空糸膜は、イオン水和型の中空糸膜であり、多数の微細な穴（直系約10nm程度）を多数有する毛管凝縮型とは異なるタイプであり、原理的に水分（水蒸気）以外の気体（水素、酸素、窒素、…）を透過しない（つまりガスバリア性が優れている）。このため、一つの加湿膜モジュール30に、組成の異なる流体を通流しても、流体が混合することがない。

【0051】また、図5に示すように、第2ヘッドカバー34に空気用の第2の乾燥気体入口34bを有し、該入口34bから内層中空糸膜束32bを通流した乾燥空

30 気は、第1ヘッドカバー33の第2の乾燥気体出口33bから流出するようになっている。なお、符号34b'は、第2の乾燥気体入口34bから流入した乾燥空気を、内層中空糸膜束32bの各中空糸膜に分配する分配通路である。ちなみに、内層中空糸膜束32bは、毛管凝縮型の中空糸膜である。これは、内層中空糸膜束32bの中空糸膜の内側を通流する気体は、空気（酸素・窒素）であり、水素に比べて透過速度が遅く、酸素や窒素が透過することが少ないからである。また、仮に透過しても、中空糸膜の外側を通流する気体は同じ空気（湿潤空気）であり、問題がないからである。

【0052】なお、他の構成は、第1実施形態の加湿膜モジュール10と同じであるので、説明を省略する（符号が10番代か30番代かの違いのみである）。

【0053】次に、この第3実施形態の加湿膜モジュール30の動作を、図5及び図6を参照して説明する。図6は、乾燥空気及び水素を一つの加湿膜モジュールで加湿する燃料電池システムの概略構成を示す図である。

【0054】図6において、図示しない空気コンプレッサ（スーパチャージャ）により外気から取り込まれて圧50 送される空気（乾燥空気）は、加湿膜モジュール30の

第2ヘッドカバー34(図5参照)に設けられた第2の乾燥気体入口34bに供給される。乾燥空気は、ここから分配通路34b'を通流し、内層中空糸膜束32bの中空糸膜の内側に流入する。中空糸膜の内側では、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気により乾燥空気が加湿される。そして、乾燥空気は、内層中空糸膜束32bの中空糸膜を流出する。流出した加湿済みの乾燥空気は、集合通路33b'で集められ、第1ヘッドカバー33の第2の乾燥気体出口33bから加湿膜モジュール30を流出する。加湿空気は、適宜温調などされて、燃料電池FCのカソード極側入口に供給される。

【0055】一方、図6において、図示しない高圧水素容器から供給される水素(乾燥している)は、加湿膜モジュール30の第1のヘッドカバー33(図5参照)に設けられた水素用の第1の乾燥気体入口33aに供給される。水素は、ここから分配通路33a'を通流し、外層中空糸膜束32aの中空糸膜の内側に流入する。中空糸膜の内側では、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気により水素が加湿される。そして、水素は、外層中空糸膜束32aの中空糸膜を流出する。流出した加湿済みの水素は、集合通路34a'で集められ、第2ヘッドカバー34の第1の乾燥気体出口34aから加湿膜モジュールを流出する。流出した加湿水素は、適宜温調などされて、燃料電池FCのアノード極側入口に供給される。

【0056】燃料電池FCでは、前記したように、水素と酸素が電気化学的に反応し発電する。発電に際して生成した生成水は、空気に同伴されて湿潤空気となり、燃料電池FCから排出される。一方、燃料電池FCから排出された水素は、循環水素としてリサイクルされる。なお、発電された電力は、モータなどの負荷に供給される。

【0057】燃料電池FCのカソード極から排出された湿潤空気は、加湿膜モジュール30の第1ヘッドカバー33に設けられた湿潤空気入口33cに供給される。湿潤空気は、ここから中通し配管33c'を通流し、内側ハウジング31bの穴31b'からハウジング31の内層部に流入する(往路)。ハウジング31の内層部では、湿潤空気は、内層中空糸膜束32bの中空糸膜の間を通流する。この間、湿潤空気は中空糸膜の内側を対向して通流する乾燥空気を加湿する。湿潤空気は、ハウジング31の他端側に達すると、筒状仕切材37の通流部37aを介して、内層部から外層部に通流する(復路)。外層部では、湿潤空気は、外層中空糸膜束32aの中空糸膜の間を通流する。この間、湿潤空気は、中空糸膜の内側を対向して通流する水素を加湿する。なお、乾燥空気を加湿した後に水素を加湿するようにしてあるので乾燥空気の加湿がよく行われ、発電効率を高めることができる。もちろん、最初に水素を加湿してから空気を加湿するような構成としてもよい。そして、湿潤空気は、外側ハウジング31aの穴31a'からハウジング

31の外に流出し、第1ヘッドカバー33の集合通路33d'により集められ、湿潤空気出口33dから加湿膜モジュール30を流出する。流出した湿潤空気は大気中に放散(排気)される。

【0058】ところで、この第3実施形態の加湿膜モジュール30は、折り返して通流する湿潤空気により、2種類の乾燥気体(乾燥空気及び水素)を同時に加湿することができる。従って、従来個別に必要だった、加湿膜モジュール100(図8参照)が1本の加湿膜モジュール30ですむようになる。もちろん、加湿膜モジュール100を束ねるヘッド110も不用である(図10参照)。このため、放熱ロスを少なくしたり、気体の分配を効率よく行える。また、湿潤空気に対して、乾燥空気、水素共に向流で通流するため、流体間の湿度差を大きくとることができるので、湿潤空気による乾燥空気及び水素の加湿が迅速に行われる(中空糸膜の長さ〔ハウジング31の長さ〕が短い場合の加湿に適している)。また、折り返して通流する湿潤空気の水分を良好に分離することができる(水分の有効活用及び排出される水分の低減)。また、第3実施形態では、水素を加湿する中空糸膜にガスバリア性の優れたイオン水和型の中空糸膜を用いているので、気体が混合することができない(水素のロスを防止して燃費を高めることができる)。

【0059】このように、第3実施形態の加湿膜モジュール30は、種々の優れた効果を有する。殊に、燃料電池に供給される乾燥空気と酸素を燃料電池から排出される湿潤空気により加湿するのに適している。

【0060】《第4実施形態》第4実施形態の加湿膜モジュールを説明する。図7は、第4実施形態の加湿膜モジュールの(a)が側断面図であり、(b)が(a)のA-A線矢視図であり、(c)が(a)のB-B線矢視図である。

【0061】第4実施形態の加湿膜モジュール40は、第2実施形態の加湿膜モジュール20(図4など参照)と基本構成を同一にしているが、以下の点で加湿膜モジュール20と構成を異にする(以下、異なる点を説明する)。つまり、第4実施形態の加湿膜モジュール40は、中空糸膜の内側に異なる2種類の乾燥気体(この第4実施形態では乾燥空気と水素)を、それぞれ混合しないよう、かつ折り返すことなく通流させて抜き出す。その一方で、中空糸膜の外側に單一種類の湿潤空気を通流させて抜き出す。そして、湿潤空気の水分を、中空糸膜を介して2種類の乾燥気体の側にそれぞれ移動し、乾燥空気及び水素を加湿する。なお、湿潤空気は、加湿膜モジュール40(ハウジング41)の内側で折り返して通流するように構成される(この点は第2実施形態と同じである)。

【0062】このため、図7に示すように(図6を併せて参照)、第4実施形態の加湿膜モジュール40は、第2ヘッドカバー44に乾燥空気用の第1の乾燥気体出口

4 4 a を有し、符号 4 3 a の第 1 の乾燥気体入口（第 1 ヘッドカバー 4 3 に設けられている）から流入して外層中空糸膜束 4 2 a を通流した乾燥空気は、他の気体と混合することなく加湿される。なお、符号 4 4 a' は集合通路であり、外層中空糸膜束 4 2 a から流出した乾燥空気（加湿済み）を集合して、第 1 の乾燥気体出口 4 4 a に導く。ちなみに、外層中空糸膜束 4 2 a を構成する中空糸膜は、第 3 実施形態と異なり乾燥空気を通流するため、毛管凝縮型の中空糸膜である。

【0063】また、図 7 に示すように（図 6 を併せて参照）、第 2 ヘッドカバー 4 4 に水素用の第 2 の乾燥気体入口 4 4 b を有し、該入口 4 4 b から内層中空糸膜束 4 2 b を通流した水素は、第 1 ヘッドカバー 4 3 の第 2 の乾燥気体出口 4 3 b から流出するようになっている。なお、符号 4 4 b' は、第 2 の乾燥気体入口 4 4 b から流入した水素を、内層中空糸膜束 4 2 b の各中空糸膜に分配する分配通路である。内層中空糸膜束 3 2 b は、第 3 実施形態と異なり水素を通流するため、イオン水和型の中空糸膜である。

【0064】なお、他の構成は、第 2 実施形態の加湿膜モジュール 2 0 と同じであるので、説明を省略する（符号が 2 0 番代か 4 0 番代かの違いのみである）。

【0065】次に、この第 4 実施形態の加湿膜モジュール 4 0 の動作を、図 6 及び図 7 を参照して説明する。

【0066】図 6 において、図示しない高圧水素容器から供給される水素（乾燥している）は、加湿膜モジュール 4 0 の第 2 ヘッドカバー 3 4（図 7 参照）に設けられた第 2 の乾燥気体入口 4 4 b に供給される。水素は、ここから内層中空糸膜束 4 2 b の中空糸膜の内側に流入する。中空糸膜の内側では、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気により水素が加湿される。そして、水素は、内層中空糸膜束 4 2 b の中空糸膜を流出する。流出した加湿済みの水素は、第 1 ヘッドカバー 4 3 の第 2 の乾燥気体出口 4 3 b から加湿膜モジュール 4 0 を流出する。加湿済みの水素は、適宜温調などされて、燃料電池 FC のアノード極側入口に供給される。

【0067】一方、図 6 において、空気コンプレッサ（スーパーチャージャ）により外気から取りこまれて圧送される空気（乾燥空気）は、加湿膜モジュール 4 0 の第 1 のヘッドカバー 4 3（図 7 参照）に設けられた乾燥気体用の第 1 の乾燥気体入口 4 3 a に供給される。乾燥空気は、ここから分配通路 4 3 a' を通流し、外層中空糸膜束 4 2 a の各中空糸膜の内側に流入する。中空糸膜の内側では、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気により乾燥空気が加湿される。そして、加湿された乾燥空気は、外層中空糸膜束 4 2 a の中空糸膜を流出する。流出した加湿済みの乾燥空気（加湿空気）は、集合通路 4 4 a' で集められ、第 2 ヘッドカバー 4 4 の第 1 の乾燥気体出口 4 4 a から加湿膜モジュールを流出する。流出した加湿空気は、適宜温調などされて、燃料電池 FC のカソード極側入口に供給される。

ド極側入口に供給される。

【0068】燃料電池 FC では、前記したように、水素と酸素が電気化学的に反応し発電する。発電に際して生成した生成水は、空気に同伴されて湿潤空気となり、燃料電池 FC から排出される。一方、燃料電池 FC から排出された水素は、循環水素としてリサイクルされる。なお、発電された電力は、モータなどの負荷に供給される。

【0069】燃料電池 FC のカソード極から排出された

- 10 湿潤空気は、加湿膜モジュール 4 0 の第 1 ヘッドカバー 4 3 に設けられた湿潤空気入口 4 3 c に供給される。湿潤空気は、ここから分配通路 4 3 c' を通流し、内側ハウジング 4 1 b の穴 4 1 b' からハウジング 4 1 の内層部に流入する（往路）。ハウジング 4 1 の内層部では、湿潤空気は、内層中空糸膜束 4 2 b の中空糸膜の間を通流する。この間、湿潤空気は中空糸膜の内側を対向して通流する水素を加湿する。湿潤空気は、ハウジング 4 1 の他端側に達すると、筒状仕切材 4 7 の通流部 4 7 a を介して、内層部から外層部に通流する（復路）。外層部 20 では、湿潤空気は、外層中空糸膜束 4 2 a の中空糸膜の間を通流する。この間、湿潤空気は、各中空糸膜の内側を対向して通流する乾燥空気を加湿する。そして、湿潤空気は、外側ハウジング 4 1 a の穴 4 1 a' からハウジング 4 1 の外に流出し、第 1 ヘッドカバー 4 3 の集合通路 4 3 d' により集められ、湿潤空気出口 4 3 d から加湿膜モジュール 4 0 を流出する。流出した湿潤空気は大気中に放散（排気）される。

- 【0070】ところで、この第 4 実施形態の加湿膜モジュール 4 0 は、第 3 実施形態と同様に、2 種類の乾燥気体（乾燥空気及び水素）を同時に加湿することができる。また、第 2 実施形態及び第 3 実施形態の加湿膜モジュール 2 0, 3 0 の優れた点を併せ持つ。

- 【0071】《変形例》以下、仕切材の変形例を説明する。図 8 は、仕切材の変形例を示す図であり、(a-1) が平板状の仕切材の斜視図、(a-2) がその断面図、(b-1) が十字状の仕切材の斜視図、(b-2) がその断面図、(c-1) が筒状の仕切材の斜視図、(c-2) がその断面図、(c-3) が変形例の断面図である。

- 40 【0072】前記した第 1 実施形態から第 4 実施形態（図 2, 図 4, 図 5, 図 7 など参照）は、仕切材が筒状とした筒状仕切材 1 7, 2 7, 3 7, 4 7 であり、かつこの筒状仕切材 1 7, …を、ハウジング 1 1, 2 1, 3 1, 4 1 の中心に配置している。

- 【0073】しかし、本発明では、請求項の「中空糸膜束をその長さ方向に断面視して少なくとも第 1 の部分と第 2 の部分に仕切り、かつその一方の端部で前記中空糸膜の外側を通流する流体の前記第 1 の部分から第 2 の部分への通流又は前記第 2 の部分から第 1 の部分への通流を許容する仕切材」は、図 8 のように構成することがで

きる。

【0074】図8の(a-1), (a-2)は、ハウジングを平板状の仕切材で仕切って、中空糸膜束を第1の部分と第2の部分に分ける。通流部が仕切材の一方の端部に設けられている。図8の(b-1), (b-2)は、ハウジングを十字状の仕切材で仕切って、中空糸膜束を第1の部分から第4の部分に分ける。通流部が仕切材の一方の端部に設けられている。なお、通流部が設けられる請求項の「一方の端部」とは、図8(b-1), (b-2)において、中空糸膜の外側を通流する流体が、一筆書きのよう、あるいは縫うように、第1の部分から第4の部分の全てを順番に通流するようにする仕切材への通流部の設け方も含んで意味するものである。また、図8の(c-1), (c-2)は、前記した実施形態と同じ筒状仕切材であるが、(c-3)は、ハウジング内に円筒状の仕切材を複数配置した断面図である。

【0075】このような変形例でも、前記実施形態での筒状仕切材と同様の作用効果を奏すことができる。また、自由度が高まる。

【0076】なお、本発明は、さらに様々に変形して実施することができる。例えば、中空糸膜の内側と外側を通流する気体が逆になるようにし、中空糸膜の内側に湿潤空気が通流するようにしてもよい。また、変形例のように、中空糸膜をさらに多くの部分に仕切って、多くの種類の流体を通流するようにしてもよい。折り返しの回数も1回(1ターン)には限られない。

【0077】また、ハウジングは、ポッティング部により仕切られていることから、仕切材により仕切られたある一まとまりの中空糸膜束を構成する中空糸膜の内側に、異なる複数の流体を通流して、かつ混合することなく抜き出すこともできる。つまり、仕切材は、単に中空糸膜の外側を通流する流体を仕切るものであり、この仕切材により、中空糸膜の内側を通流する流体が制限を受けることはない。もちろん、仕切材を識別子にして中空糸膜の内側と外側を通流する流体を管理するようにしてもよい。ちなみに、前記した発明の実施形態は、請求項1における「第1の部分」及び「第2の部分」が、請求項2における「第1の中空糸膜束」及び「第2の中空糸膜束」と一致するものである。また、この加湿膜モジュールは、燃料電池以外にも適用することができるとはいうまでもない。

【0078】

【発明の効果】以上説明した本発明は、次のような優れた効果を有する。請求項1に記載の発明によれば、中空糸膜の外側を通流する流体にかかる部分については、中空糸膜の長さを長くしたのと同様の効果を確実に得ることができ。また、流体を折り返して通流することにより、加湿膜モジュールとしての表面積が少なくなるので(中空糸膜の全表面積は同じでも)、放熱を少なくすることができます。なお、仕切材により仕切られるので、偏

流が低減又は防止される。また、請求項2に記載の発明によれば、中空糸膜の内側を通流する流体を折り返して通流すると、中空糸膜の内側を通流する流体にかかる部分については、中空糸膜の長さを長くしたのと同様の作用を確実に得ることができる。また、流体を折り返して通流することにより、加湿膜モジュールとしての表面積が少なくなるので(中空糸膜の全表面積は同じでも)、放熱を少なくすることができる(流体中の水蒸気量が低減しないので加湿効率が向上する)。また、請求項3に

10 記載の発明によれば、中空糸膜の内側に少なくとも2種類の流体を、両者が混合することなく通流して流出させることができ、例えば、燃料電池に供給される空気及び水素を、一つの加湿膜モジュールで加湿することができる。また、請求項4に記載の発明によれば、筒状に仕切るので、中空糸膜束の区画(分離)が容易である。また、また、請求項5に記載の発明によれば、中空糸膜の内側を通流する流体を折り返すようにする入口及び出口のレイアウトを、自由に設計することができる。

【図面の簡単な説明】

20 【図1】 本発明にかかる第1実施形態の加湿膜モジュールの斜視図である。

【図2】 図1の、(a)が側断面図、(b)が(a)のA-A線矢視図であり、(c)が(a)のB-B線矢視図である。

【図3】 図1の加湿膜モジュールが適用される燃料電池システムの概略構成を示す図である。

【図4】 本発明にかかる第2実施形態の加湿膜モジュールの、(a)が側断面図であり、(b)が(a)のA-A矢視図であり、(c)がB-B矢視図である。

30 【図5】 本発明にかかる第3実施形態の加湿膜モジュールの、(a)が側断面図であり、(b)が(a)のA-A線矢視図であり、(c)が(a)のB-B線矢視図である。

【図6】 図5の加湿膜モジュールが適用される燃料電池システム(乾燥空気及び水素を一つの加湿膜モジュールで加湿する燃料電池システム)の概略構成を示す図である

【図7】 本発明にかかる第4実施形態の加湿膜モジュールの、(a)が側断面図であり、(b)が(a)の

40 A-A線矢視図であり、(c)が(a)のB-B線矢視図である。

【図8】 仕切材の変形例を示す図であり、(a-1)が平板状の仕切材の斜視図、(a-2)がその断面図、(b-1)が十字状の仕切材の斜視図、(b-2)がその断面図、(c-1)が筒状の仕切材の斜視図、(c-2)がその断面図、(c-3)が変形例の断面図である。

【図9】 従来例の加湿装置(加湿膜モジュール)の側断面図である。

50 【図10】 従来例における加湿膜モジュールを束ねて

使用する様子を説明する斜視図である。

【図11】中空糸膜の外側におけるデッドスペースが出来やすい部分を模式的に示した側断面図であり、(a)は本願実施形態例、(b)は従来例である。

【符号の説明】

- 10, 20, 30, 40…加湿膜モジュール
- 11, 21, 31, 41…ハウジング
- 11a, 21a, 31a, 41a…外側ハウジング
- 11a', 21a', 31a', 41a'…穴
- 11b, 21b, 31, 41b…内側ハウジング
- 11b', 21b', 31b', 41b'…穴
- 12, 22, 32, 42…中空糸膜束
- 12a, 22a, 32a, 42a…外層中空糸膜束
- 12b, 22b, 32b, 42b…内層中空糸膜束
- 13, 23, 33, 43…第1ヘッドカバー
- 13a, 23a…乾燥空気入口

13a', 23a'…分配通路

13b, 23b…加湿空気出口

13b', 23b'…集合通路

13c, 23c…湿潤空気入口

13c', 23c'…中通し配管

23c', 43c'…分配通路

13d…湿潤空気出口

13d'…集合通路

14, 24, 34, 44…第2ヘッドカバー

10 14a, 24a…折返し部

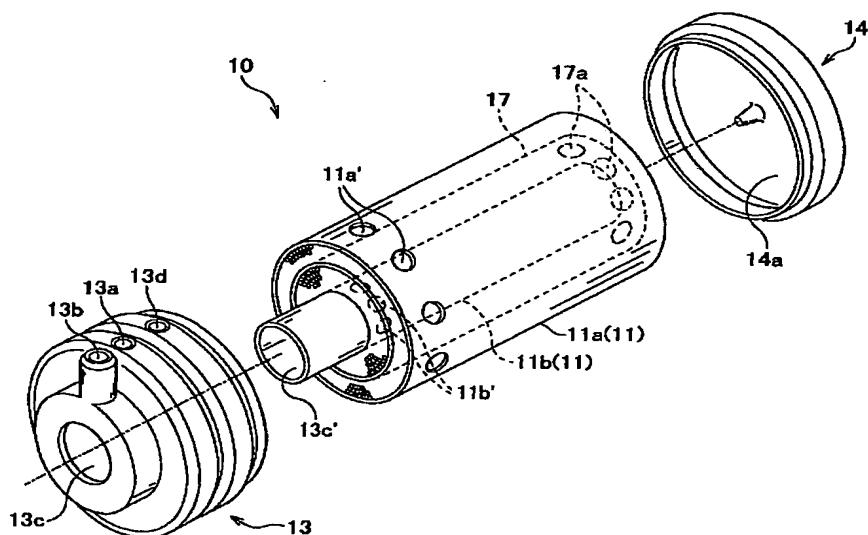
15, 25, 35, 45…第1ポッティング部(固定部)

16, 26, 36, 46…第2ポッティング部(固定部)

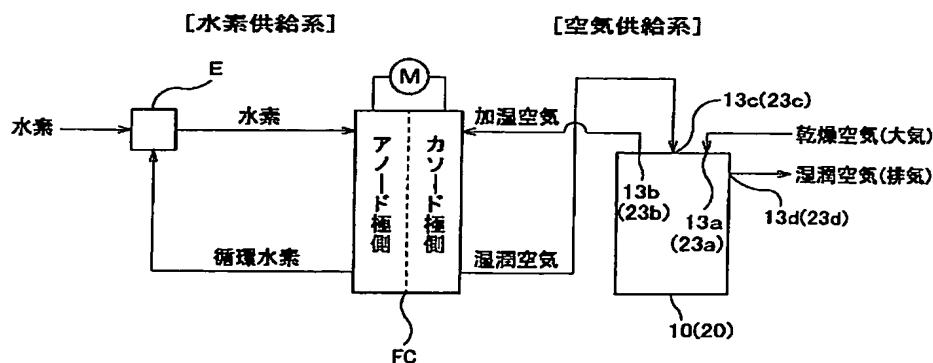
17, 27, 37, 47…筒状仕切材(仕切材)

17a, 27a, 37a, 47a…通流部

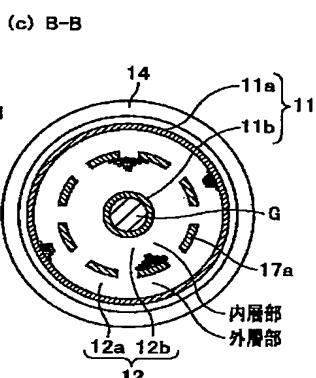
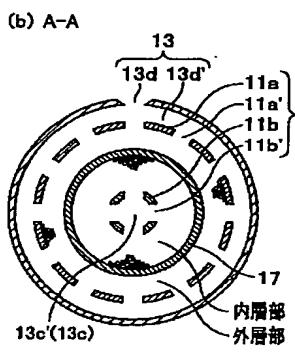
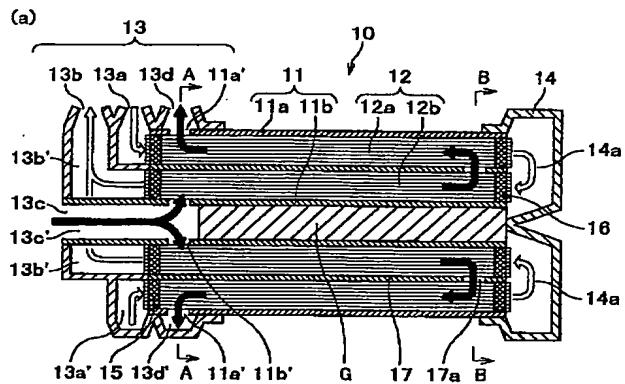
【図1】



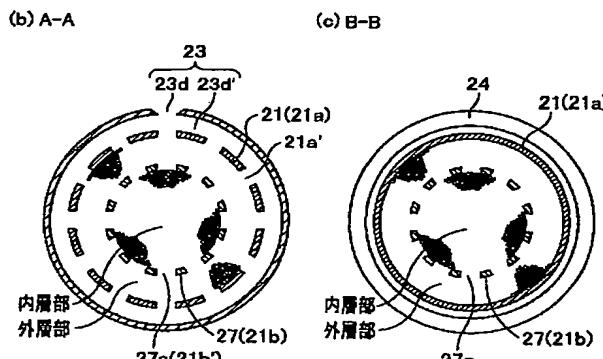
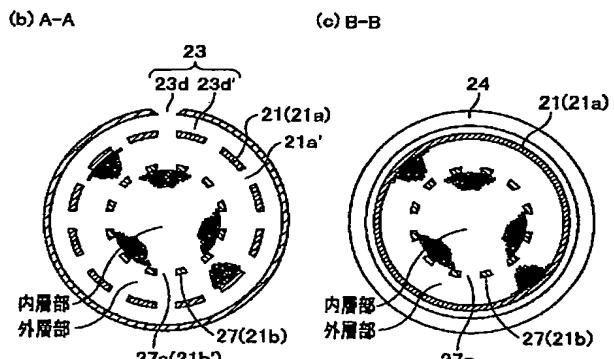
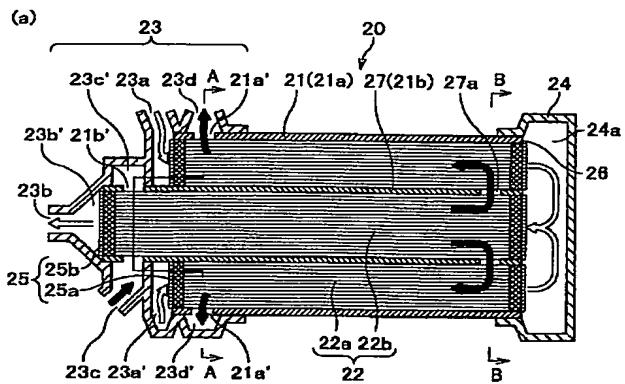
【図3】



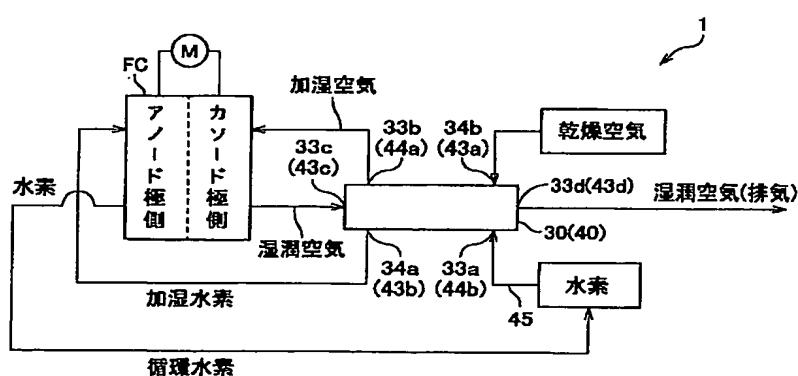
【図 2】



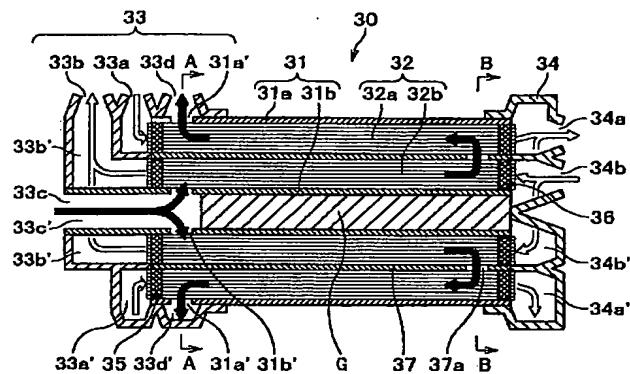
【図 4】



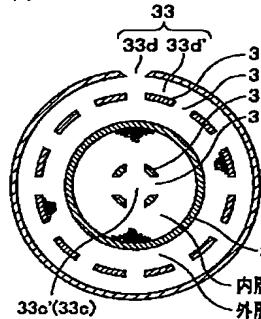
【図 6】



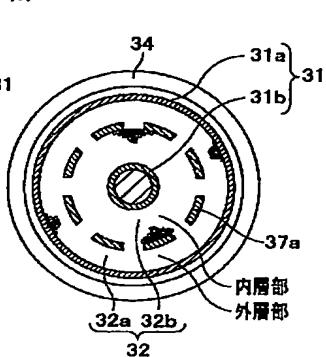
【図 5】



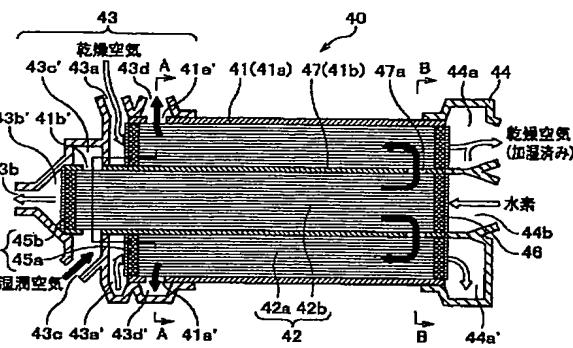
(b)



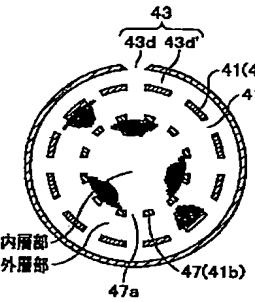
(c)



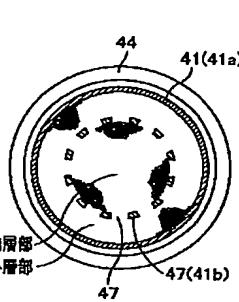
【図 7】



(b)

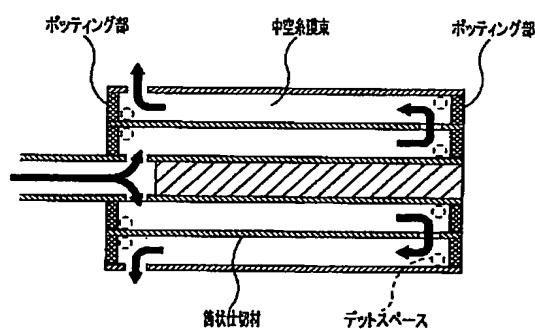


(c)

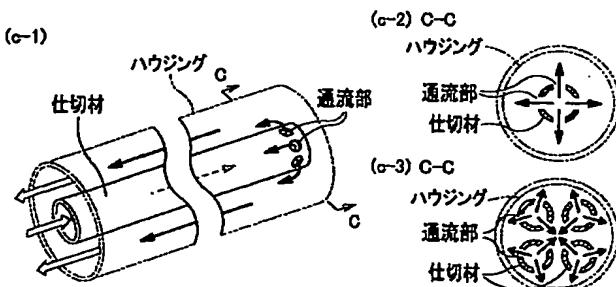
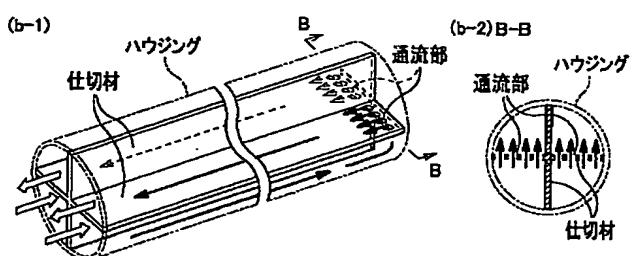
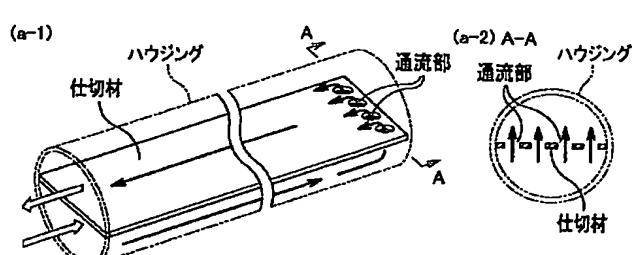
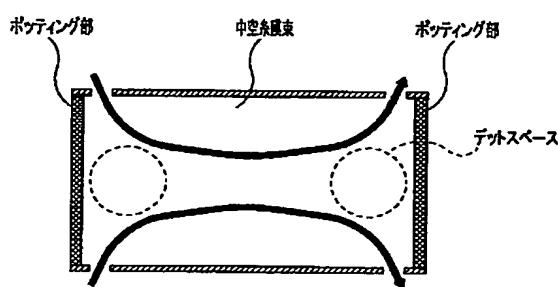


【図 11】

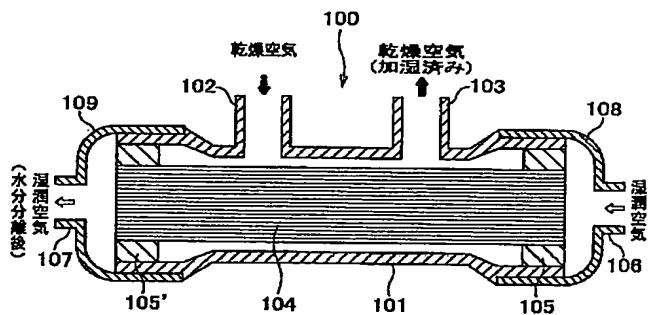
(a)



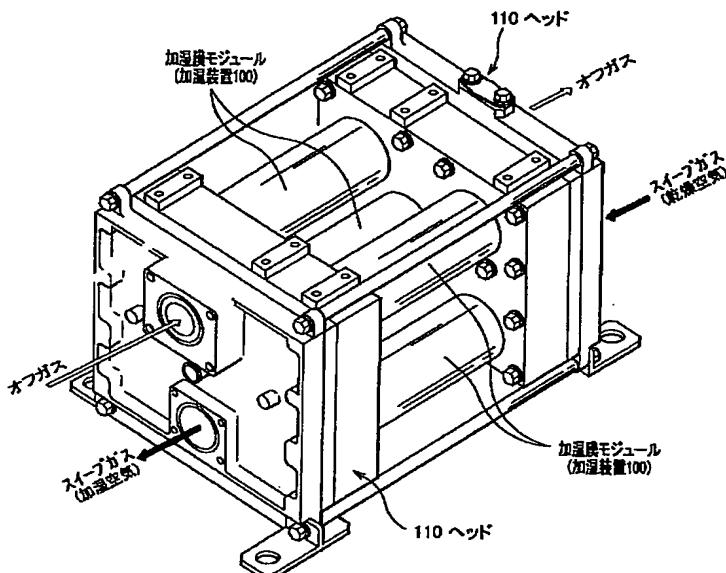
(b)



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷
H 01 M 8/10

識別記号

F I
H 01 M 8/10

テマコード(参考)

(72) 発明者 島貫 寛士
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内
(72) 発明者 草野 佳夫
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

F ターム(参考) 3L055 BA02 DA05
4D006 GA41 HA01 JA14A JA16A
JA18A JA25A JA29A JA70A
PB65 PC80
5H026 AA06
5H027 AA06